

09/830879  
PCT/JP00/06189

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

11.09.00

#3  
8-7-01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2000年 3月 2日

REC'D 27 OCT 2000

出願番号  
Application Number:

特願2000-056584

WIPO PCT

出願人  
Applicant (s):

アネルバ株式会社

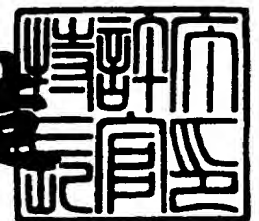
PRIORITY  
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年10月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3083292

【書類名】 特許願

【整理番号】 P00008

【提出日】 平成12年 3月 2日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 C23C 16/50

【発明者】

【住所又は居所】 東京都府中市四谷 5 丁目 8 番 1 号 アネルバ株式会社内

【氏名】 上田 仁

【発明者】

【住所又は居所】 東京都府中市四谷 5 丁目 8 番 1 号 アネルバ株式会社内

【氏名】 高木 朋子

【特許出願人】

【識別番号】 000227294

【住所又は居所】 東京都府中市四谷 5 丁目 8 番 1 号

【氏名又は名称】 アネルバ株式会社

【代表者】 今村 有孝

【代理人】

【識別番号】 100094020

【弁理士】

【氏名又は名称】 田宮 寛祉

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007766

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9104569

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内部電極方式のプラズマ処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 真空容器内に配置された誘導結合型の電極を備える内部電極方式のプラズマ処理装置において、

前記電極は線状導体をその中央部で折り返して形成され、

前記電極の折り返して形成された部分に半波長の定在波が立つように前記電極の端部に高周波を供給して前記電極の周囲にプラズマ放電を生成し、このとき、前記高周波の周波数（ $f$ ）は、光速を  $c$  とし、折り返して形成された部分の長さを  $L_1$  とし、前記電極の周囲に生成されたプラズマによる比誘電率を  $\epsilon_p$  とするとき、

$$f = c \times \epsilon_p^{-1/2} \times (2L_1)^{-1}$$

で決めるようにしたことを特徴とする内部電極方式のプラズマ処理装置。

【請求項 2】 真空容器内に配置された誘導結合型の電極を備える内部電極方式のプラズマ処理装置において、

複数の前記電極の各々は、線状導体をその中央部で折り返して形成され、前記折り返して形成された部分のそれぞれが平行になりかつ一つの平面に含まれるように、並べて設けられ、

複数の前記電極のそれぞれの折り返して形成された部分に半波長の定在波が立つように前記各電極の端部に高周波を供給して前記電極の周囲にプラズマ放電を生成し、このとき、前記高周波の周波数（ $f$ ）は、光速を  $c$  とし、折り返して形成された部分の長さを  $L_1$  とし、前記電極の周囲に生成されたプラズマによる比誘電率を  $\epsilon_p$  とするとき、

$$f = c \times \epsilon_p^{-1/2} \times (2L_1)^{-1}$$

で決めるようにしたことを特徴とする内部電極方式のプラズマ処理装置。

【請求項 3】 一つの平面内で並べて設けられた複数の前記電極を一つの電極ユニットとして、前記真空容器内に複数の前記電極ユニットが層構造で配置され、複数層の前記電極ユニットの間の空間を利用して複数の成膜実施領域が作られ、前記複数の成膜実施領域のそれぞれにおいて基板成膜が行われることを特徴

とする請求項 2 記載の内部電極方式のプラズマ処理装置。

【請求項 4】 前記高周波の周波数は放電条件に応じて変えられることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の内部電極方式のプラズマ処理装置。

【請求項 5】 前記真空容器内では、大面積基板に太陽電池機能を有する膜を形成するプラズマ C V D 処理が行われることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の内部電極方式のプラズマ処理装置。

【請求項 6】 前記電極は U 字型の形状に形成されることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の内部電極方式のプラズマ処理装置。

【請求項 7】 前記電極の長 L 1 は 0 . 8 m 以上であることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の内部電極方式のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は内部電極方式のプラズマ処理装置に関し、特に、誘導結合型の電極を備えたプラズマ C V D 装置等において大面積基板上に太陽電池や薄膜トランジスタなどに利用されるアモルファスシリコン薄膜を形成するのに適した電極の改良であって、さらに電極周囲の放電条件の影響を考慮した構成に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

例えば内部電極式プラズマ C V D 装置の電極構造には、従来、平行平板型の構造と誘導結合型の構造がある。

【 0 0 0 3 】

平行平板型の電極によれば、成膜速度の上昇と膜特性の向上のために高周波の周波数を上げようとする、放電が不均一になるという問題が起きる。この原因は、電極板上に定在波が生じ電力供給が不均一になること、アースへの帰還電流による電圧発生で望ましくない所にプラズマが発生することにある。また平行平板型の電極では、基板ホルダをアース電極として機能させることから基板の裏板が必須となる。大面積の基板を成膜すべく電極板を大型化すると、この裏板も大

型化するため、裏板と基板の間の隙間を均一に保つことが難しいという問題が提起される。また裏板の取扱いが全般的に難しくなる。以上から平行平板型電極は大面積基板の成膜には適さない。

## 【 0 0 0 4 】

上記の平行平板型電極に対して、誘導結合型電極は、かかる問題が生ぜず、内部電極式プラズマCVD装置による大面積基板の成膜に適している。

## 【 0 0 0 5 】

面積の大きい大型基板にアモルファスシリコン薄膜を堆積させて太陽電池等を作る従来のプラズマCVD装置であって、内部電極方式で誘導結合型のプラズマCVD装置としては、例えば特開平4-236781号公報に開示された装置が知られている。このプラズマCVD装置では、放電用電極は、梯子形態を有する平面形コイルで形成され、基板に対して平行に設置されている。梯子型の平面形コイルは導電性線材で形成されている。材料ガスの導入は反応容器の一箇所に設けた反応ガス導入管で行われ、反応容器内の排気は反応容器の一箇所に設けた排気管で行われている。かかる平面形コイルによって電界の強度を高め、電界の均一性を良好にしている。さらに同様な従来のプラズマCVD装置としては、例えば特許第2785442号公報に開示される装置を挙げることができる。このプラズマCVD装置において、基板に対面して配置される電極には、1本の導電性線材をジグザグになるように多数回折曲げて形成された平面コイル電極が使用されている。かかる形態を有する電極には、その両端部に、高周波電源からの高周波電圧が印加されている。

## 【 0 0 0 6 】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記の誘導結合型電極について、特開平4-236781号に基づく梯子形態を有する平面形コイル電極は、電極上の場所に応じてインピーダンスが異なり、基板上に付着する膜の量も場所に応じて不均一になり、大面積基板上に均一な膜を成膜できないという問題を提起する。また特許第2785442号に基づくジグザグ形状の平面形コイル電極は、1本の長い導電性線材を折り曲げて作られており、その一端から高周波を給電するように構成され、可能な限り定在波が立た

ないように設計されているが、構成上、望ましくない所に定在波が立つのを避けることができず、成膜に支障を生じる。すなわち、電極上で意図しない定在波が生じ、この定在波がプラズマを不均一にし、膜厚および膜質の均一性を悪くしている。

## 【 0 0 0 7 】

以上のことから、内部電極方式で誘導結合型のプラズマ C V D 装置等において定在波を制御可能な状態で積極的に活用し、プラズマの分布を良好に制御し、大面積基板の成膜に適した電極構成を提案することが望まれている。

## 【 0 0 0 8 】

さらに一般的な議論として、内部電極方式のプラズマ処理装置で上記の電極構成を提案する場合において、電極に供給する高周波の周波数と、当該高周波電力に基づき処理容器内で電極の周囲に生成されるプラズマとの関係を、無視することができない場合が生じる。すなわち、電極に給電される高周波の周波数が例えば 6 0 M H z のごとく極めて高くなると、電極に立つ定在波によって電極周囲に生じる放電の条件そのものが当該定在波に大きな影響を与え、電極構成の設計条件の見直しが必要となる。このような場合には、電極の構成上、プラズマの比誘電率を十分に考慮することが要求される。

## 【 0 0 0 9 】

本発明の目的は、上記の課題や要請に応えることにあり、定在波を制御可能な状態で積極的に活用し、プラズマの分布を良好に制御し、さらに電極周囲の放電条件を考慮して電極構成を実現し、太陽電池等の大面積基板の成膜に適した内部電極方式のプラズマ処理装置を提供することにある。

## 【 0 0 1 0 】

## 【課題を解決するための手段および作用】

本発明に係る内部電極方式のプラズマ処理装置は、上記目的を達成するため、次のように構成される。

本発明に係るプラズマ処理装置（請求項 1 に対応）は、真空容器内に配置された誘導結合型の電極を備える内部電極方式のプラズマ処理装置であって、電極は線状導体をその中央部で折り返して形成される形態を有し、当該電極の折り返し

て形成された部分（電極全体の長さの半分の部分）に半波長の定在波が立つように電極の端部に高周波を供給して電極の周囲に放電を作りプラズマを生成するように構成される。この場合、高周波の周波数  $f$  が、光速を  $c$ 、折り返して形成された部分の長さを  $L_1$ 、電極の周囲に生成されたプラズマによる比誘電率を  $\epsilon_p$  とするときに  $f = c \times \epsilon_p^{-1/2} \times (2L_1)^{-1}$  の式で決められるようにした。なお、この式は  $(c/\sqrt{\epsilon_p})/2L_1$  と書き替えることもできる。

上記プラズマ処理装置では、内部電極方式のプラズマ処理装置であって、基板処理用の真空容器内に例えばU字型の電極を設け、電極に供給される高周波の周波数と電極の長さに所定の関係を与えることによって当該U字型電極の半分の各部分にプラズマを積極的に立てて放電を起こし、プラズマ処理を行うとき、電極周囲の放電の状況を考慮して電極に給電する高周波の周波数を決定し、電極上の基板に対向する位置に均一なプラズマが立つようにする。特に電極に供給される高周波の周波数が例えば60MHz以上である場合には、電極の周囲に作られる放電の条件が定在波の発生に影響を与えるので、当該放電条件を考慮して、電極に供給される高周波の周波数を決定することが重要となる。

さらに本発明に係るプラズマ処理装置（請求項2に対応）は、真空容器内に配置された誘導結合型の電極を備える内部電極方式のプラズマ処理装置であって、複数の電極の各々は、線状導体をその中央部で折り返して形成され、かつ折り返して形成された部分のそれぞれが平行になりかつ一つの平面に含まれるように、並べて設けられ、複数の電極のそれぞれの折り返して形成された部分に半波長の定在波が立つように各電極の端部に高周波を供給して電極の周囲にプラズマ放電を生成するように構成される。この場合にも、上記と同様に、高周波の周波数  $f$  は  $c \times \epsilon_p^{-1/2} \times (2L_1)^{-1}$  で決められる。このプラズマ処理装置では、好ましくは、一つの平面内で並べて設けられた複数の電極を一つの電極ユニットとして、真空処理容器内に複数の電極ユニットが層構造で配置され、複数層の電極ユニットの間の空間を利用して複数の成膜実施領域が作られ、複数の成膜実施領域のそれぞれにおいて基板成膜が行われるように構成することもできる（請求項3に対応）。

上記の各構成において、好ましくは、上記高周波の周波数は電極の周囲の放電

条件に応じて変えられることを特徴とする（請求項4に対応）。

上記の各構成において、好ましくは、真空容器内では、大面積基板に太陽電池機能を有する膜を形成するプラズマCVD処理が行われることを特徴とする（請求項5に対応）。

上記の各構成において、好ましくは、上記電極はU字型の形状に形成されることを特徴とする（請求項6に対応）。

上記の各構成において、好ましくは、上記電極の電極長L1は0.8m以上であることを特徴とする（請求項7に対応）。本発明による内部電極方式のプラズマ処理装置では、真空容器内の電極に対して好ましくは60MHz以上の高周波を供給して電極に立てるように設計されている。

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、本発明の好適な実施形態を添付図面に基づいて説明する。

#### 【0012】

図1と図2を参照して本発明の基本的な実施形態を説明する。図1は内部電極式のプラズマ処理装置の内部構造を示す正面図であり、図2は内部構造の側面図を示している。この実施形態によるプラズマ処理装置は、一例として太陽電池の機能を有する薄膜を基板に堆積させるための誘導結合型プラズマCVD装置である。

#### 【0013】

11は成膜チャンバである。成膜チャンバ11は、内部に搬入された基板に対してプラズマCVDによる成膜が行われる反応容器であって、内部に所要の真空状態が作られる真空容器である。成膜チャンバ11において例えば縦置き状態にて一つの電極12が配置されている。この電極12に後述するとき所定の高い周波数の高周波電力が供給され、アンテナとしての機能を有する。電極12は、所要の長さを有する線状導体（導電性線状部材）を、その中央部（折返し点）を基準にして一つの平面内に含まれるように折り返し、正面形状が実質的にU字型の形状となるように形成されている。この実施形態では、電極12は、例えば、湾曲した折曲げ部を上側にし、開いた端部を下側にして垂直に配置されている。



なお折曲げ部を下側にし、端部を上側にして配置することも可能である。電極を支持する構造の図示は省略されているが、任意の支持構造を採用することができる。線状導体を二つ折りにすることによってU字型電極12が形成され、その半分の長さは、中心点12aと端部の間の長さとして図中L3で示されている。長さL3の部分は、電極12における折り返して形成された部分（以下、折返し部という）の長さであり、定在波を生じさせる単位となる部分である。電極12の折返し部の直線部分は好ましくは平行である。電極12では、一方の端部12bに対して所要の高周波電力が供給される。高周波電力を供給する高周波電源13は成膜チャンバ11の外側に設けられている。高周波電源13からの給電線14は、成膜チャンバ11に設けられた接続部15を経由して成膜チャンバ11の内部に導入され、電極12の一方の端部12bに接続され、もって電極12に高周波電力が供給される。接続部15は、給電線が成膜チャンバ11の壁部を貫通するフィードスルー構造を内蔵している。電極12の端部12bは給電点となる。電極12の他方の端部12cは成膜チャンバ11に電氣的に接続されている。成膜チャンバ11は導電性部材（金属）で作られ、かつアースされることによりアース電位に保持されている。従って電極12の他方の端部12cはアースされることになる。高周波電源13の他方の線13aはアースされている。U字型の電極12の両端部の間に高周波電源13によって従来において利用されていた通常の高周波（例えば13.56MHz）よりも高い周波数の高周波が給電される。ここで利用される高い高周波は、例えば60MHz以上の周波数を有する高周波である。ただし本実施形態の場合、電極12に供給される高周波の周波数は、電極12の周囲に生成される放電の条件を考慮して後述のごとく特定の方法で決定される。

#### 【0014】

上記電極12に対して、その片方の側に、当該電極が含まれる平面に平行な状態で例えば1枚の裏板16が配置される。この裏板16における電極側の面には例えば4枚の円形の基板17が配置されている。また裏板16において4枚の基板17は、U字型の電極12の長さ方向に沿って並べられている。図1に示されるごとく、この実施形態では、4枚の基板17はU字型電極12の幅を形成する

空間の箇所に対応して存在するように配置されている。

#### 【 0 0 1 5 】

本実施形態によるプラズマ C V D 装置は、平行平板型電極とは異なり、誘導結合型電極であるので、上記の裏板（バックングプレート）は必ずしも必要ではない。ただし基板温度の均一性の向上のために裏板を使用することは好ましい。なお図 1 と図 2 に示すプラズマ C V D 装置では、説明の便宜上、材料ガス供給機構、真空排気機構（真空ポンプ）、基板ホルダ、基板加熱機構（ヒータ）の詳細な構造、基板冷却機構等の図示が省略されている。

#### 【 0 0 1 6 】

電極 1 2 に使用される線状導体は例えば丸棒状で、材質的にはステンレスやアルミ等の金属材料が使用される。電極 1 2 が丸棒状の場合、直径は例えば 5 m m 以上である。図 1 では、二つ折りによって得られる直線部の長さ  $L_1$  と、2つの折返し部の間の長さ  $L_2$  の関係について、説明の便宜上長さ  $L_2$  が誇張して実際よりも大きく描かれているが、実際上好ましい実施例としては  $L_1$  は例えば 7 5 c m ~ 2 . 0 m、 $L_2$  は例えば約 4 c m である。従って、電極 1 2 の上側の折曲げ部の湾曲の程度も、実際の電極では、図示される程は大きくはない。図 1 では、電極の折返し部の長さとして、直線部の長さ  $L_1$  と、折曲げ部の半分を含めた長さ  $L_3$  が示されているが、折曲げ部は直線部の長さに比較してかなり小さいものであるから、長さ  $L_1$  と長さ  $L_3$  は実際上実質的に同一と考えることができる。長さ  $L_1$  については、実際のところ、成膜すべき基板の大きさに応じて決められると共に、定在波を生じせしめるため必要な長さとして設定されるので、供給される高周波の周波数との関係で決められる。例えば周波数が 1 2 0 M H z のときには  $L_1$  は 1 . 2 5 m となる。

#### 【 0 0 1 7 】

原則的に（または基本的に）、電極 1 2 における長さ  $L_1$ （折返し部の長さ  $L_3$  にほぼ等しい）は、供給される高周波の周波数が  $f$ 、光速を  $c$ 、波長を  $\lambda$  とするとき、 $L_1 = c / 2 f = \lambda / 2$ （または  $f = c / 2 L_1$ ）…（1）の関係式で求められる。この関係式によれば、電極の大きさ（寸法等）が基板（建材であるガラス等）との関係で決められると、電極に供給される高周波の周波数が決まり

、反対に、高周波の周波数が決まると、電極の寸法等が決まることになる。上記の関係式に従えば、 $L_1$ は高周波の波長の半分と実質的に等しくなり、また電極12の全体の長さ $L_0 (= 2L_1)$ は実質的に $\lambda$ となる。周波数120MHzよりも小さくなると、長さ $L_1$ は1.25mよりも大きくなり、成膜チャンバ11の内部に設けることができない場合も生じる。このような場合には、例えば同軸ケーブル構造を電極12の端部に付加して電磁波に関する遅波構造を設け、これにより $L_1$ の長さを小さくすることが可能となる。このようにして、前述のごとく $L_1$ は好ましくは75cm~1.25mの範囲に設定される。 $L_1$ 、 $L_2$ の長さは、目的に応じて任意に変更することが可能である。

## 【0018】

上記のごとき形状を有する電極12によれば、高周波電源13から高周波を給電すると、折り返しで形成された部分、すなわち長さ $L_1$ を有する二つの直線部で定在波を生じさせることが可能となる。換言すると、定在波を活用すべく、電極12における二つの平行な直線部で積極的に定在波を立たせるように、電極12の形状および寸法が設計され、かつ、電極12に供給される高周波の周波数が決定されている。さらに、高周波電源13からU字型の電極12へ高周波を給電するにあたって、給電点を一方の端部12bとし、他方の端部12cをアースに接続するようにした。これによって、電極12には1波長分の定在波が生じ、かつ電極12における二つの直線部の電界が常に同一の方向に向かうようになり、二つの直線部の電界が、打消し合うことなく、互いに強め合うようになる。その結果、電極12の二つの直線部の周囲において、プラズマが弱められる箇所が生ぜず、かつ密度が均一なプラズマを生成することができる。

## 【0019】

上記のごとき電極12を備えた成膜チャンバ11によれば、成膜チャンバ11の内部が真空ポンプによって所要の真空状態に排気され、材料ガス等が導入され、さらに電極12に端部12bから例えば100MHzの高周波が給電されると、二つの直線部に同じ位相の定在波が立ち、U字型電極12の周囲空間には均一なプラズマ18が生成される。裏板16の上に設けられた4枚の丸形基板17にはプラズマCVDの作用によって成膜が行われる。U字型電極12には、電極1

2の中央に位置する給電点12aを基準にして各半部、すなわち前述した二つの直線部の各々に定在波が生じ、この定在波は、プラズマの分布が良好となるようにプラズマ18を制御する。特に前述のごとく電極12における二つの直線部に生じる定在波が位相の点で互いに打消し合うことがないように設定されているので、電極12の周囲空間に生成されるプラズマ18の密度が低下することなく、プラズマ18は望ましい状態に制御される。

#### 【0020】

上記構成で、電極12の折曲げ部は、厳密には湾曲させる必要はなく、鋭角に折曲げたり、角をつけて折り曲げるようにしてもよい。また電極12の折返し部の直線部は厳密に平行である必要はない。また上記構成では、電極12を垂直方向に縦置きにしたが、電極12を水平の横置きにすることもできる。この場合、裏板や基板も水平な横置き状態で配置される。

#### 【0021】

上記実施形態によれば、誘導結合型の電極を使用するため、容量結合型の電極に比較してプラズマ密度を上昇させやすいという利点を有する。電極の形状をU字型とし、給電点を電極の一方の端部とすることにより、各直線部に生じる定在波の相乗作用により部分的にプラズマが低下される領域が生ぜず、プラズマの不均一性が生じにくい。

#### 【0022】

また上記の実施形態によれば、平行平板電極に比較して安価に製作することができ、さらに大面積の基板の成膜に適している。例えば100MHzの高周波を使用すると、高周波の波長 $\lambda$ は3mである。このため電極12の大きさは150cm(長さ)×12cm(幅)程度となり、成膜に有効な面積は120cm×10cm程度となる。図1などでは、成膜対象として丸形基板を描いたが、本実施形態によるプラズマCVD装置によれば、矩形基板を成膜することがより適している。また、静止対向の成膜だけではなく、大面積基板の通過成膜にも適している。

#### 【0023】

次に前述した原則的な内部電極の設計の仕方において、さらに、実際に考慮す

ると、次の点を考慮して変形的な実施形態が考えられる。高周波電源 13 から電極 12 に対して高周波を与えると、成膜チャンバ 11 内においてガスの種類や圧力等の条件の下で電極 12 の周囲にプラズマが生成される。電極 12 の周囲にプラズマが生成されると、最初の方則的な電極設計（自由空間で比誘電率  $\epsilon_r$  が 1 である）による周囲空間の比誘電率の値が異なる値になる。その結果、原則的な電極設計では、電極の長さとの関係で電極の半分の長さの部分に半波長の定在波が立つようにしたが、この設計が成立しなくなる。そこで、電極 12 の寸法的な条件が与えられているときにおいて、高周波給電の後に電極 12 の周囲に放電が起こることを想定し、放電の条件を想定して高周波の周波数を決定することが要求される。

## 【0024】

電極 12 の周りで放電が生じプラズマが生成されていると、電極 12 の周囲の空間の比誘電率は 1 でない。そこで電極 12 に供給される高周波の周波数は、電極 12 の周囲の放電条件を考慮し決定される。すなわち電極 12 の周囲のプラズマの比誘電率を  $\epsilon_p$  とし、周波数  $f$  は  $c \times \epsilon_p^{-1/2} \times (2L_1)^{-1}$ （この式は  $(c/\sqrt{\epsilon_p})/2L_1$  の式と同じである）… (2) として決定される。なおプラズマの比誘電率  $\epsilon_p$  は  $\epsilon_p = 1 - \omega_p^2 / \omega(\omega - j\nu)$  … (3) の式で与えられる。ここで、 $\omega_p$  は電子密度で決まるプラズマ角周波数であり、 $\omega$  は放電各周波数（励振角周波数）であり、 $\nu$  は放電圧力で決まる衝突角周波数であり、 $j$  は虚数単位である。上記の (2) 式の  $\epsilon_p$  は (2) 式の実数部の値であり、必ずしも 1 以上とは限らない。

## 【0025】

プラズマの比誘電率は放電条件により異なるため、周波数の決定は非常に難しい。そこで実際には、実験によって最適な放電周波数を決定する。

## 【0026】

図 3 を参照して本発明の他の実施形態を説明する。図 3 は、前述の図 1 と同様な図である。図 3 において、図 1 で説明した要素と実質的に同一の要素には同一の符号を付している。この実施形態では、さらに大型の矩形基板 21 に対して成膜を行うのに適した構成を有する電極を備えた内部電極方式で誘導結合型のプラ

ズマCVD処理装置を示している。矩形基板21は大面積を有し、好ましくは、太陽電池に利用される非晶質ケイ素の膜が形成されるガラス基板である。大面積の大型矩形基板21の成膜面に対応するように、プラズマ生成領域も広域に設定され、そのため電極に関する構成部分は、前述のU字型電極12と同じ電極を5つ用意して構成されている。5つの電極22A、22B、22C、22D、22Eは、矩形基板21の成膜面に平行な例えば垂直な一つの平面内に含まれるように配置され、かつ各々の直線部が互いに平行にかつ好ましくは等間隔になるように平行になるように並べて設けられている。電極22A～22Eによって構成される電極ユニットにおいて、各電極は折曲げ部を上にし、端部を下側にしている。電極22A～22Eの各々は成膜チャンバ11の下壁に固定されている。各電極の一方の端部には接続部15が設けられ、他方の端部は成膜チャンバ11に接続され、アースされている。また図3に示した成膜チャンバ11は、図1に示した成膜チャンバに比較して、矩形基板21の大型化に伴って大型になるように形成されている。なお成膜チャンバ11は前述したようにアースされている。

## 【0027】

図3で示した構成では、5つの電極22A～22Eは成膜チャンバ11に別々に取り付けられているが、電極ユニットとして、各電極の直線部に生じる定在波の位相が一致するという条件を満たすように構成されている。5つの電極22A～22Eは電極ユニットとして一つの装置で構成することも可能である。

## 【0028】

5つの電極22A～22Eの各々には、成膜チャンバ11の外側に設けられた単一の高周波電源13から所定の周波数を有する高周波が各接続部15を介して供給される。供給される高周波の周波数の決定の仕方は前述の実施形態で説明した通りであり、放電条件を考慮して周波数が決定される。高周波電源13から電極22A～22Eのそれぞれに供給される高周波は、各電極で生じる定在波の位相が揃うように、その位相が一致するごとく設定されている。

## 【0029】

電極22A～22Eの各々における直線部で生じる定在波は、前述の通り、位相が一致している。従って、矩形基板21の成膜面の前面空間では、電磁界の強

弱のムラが生ぜず、均一なプラズマが生成され、大面積の矩形基板 2 1 に均一な膜厚の膜が形成される。各電極で生じる定在波の位相を揃えることで、膜厚の均一性が向上する。

#### 【 0 0 3 0 】

上記の実施形態で、電極の個数は、成膜対象である基板の大きさに応じて任意に定めることができる。また使用する高周波電源の個数は一つが好ましいが、複数とすることも可能である。この場合に、前述の通り各電極に供給される高周波の位相が揃えられていることが条件である。

#### 【 0 0 3 1 】

次に図 4 と図 5 を参照して本発明の他の実施形態を説明する。図 4 は成膜チャンバの内部構造を示す正面図であり、図 5 は当該内部構造の側面図である。これらの図において、前述の実施形態で説明した要素と実質的に同一の要素には同一の符号を付している。この実施形態では、3つの電極 3 2 A, 3 2 B, 3 2 C が設けられ、これら 3つの電極を一組の電極ユニットとして、三層の電極ユニット 3 3, 3 4, 3 5 が所定間隔をあけて層構造で設けられている。電極 3 2 A ~ 3 2 C の各々構成は前述の基本実施形態で説明した電極 1 2 と同じである。三層の電極ユニット 3 3 ~ 3 5 のそれぞれにおいて、電極 3 2 A ~ 3 2 C は垂直な同一平面内に含まれかつ等間隔になるように配置されている。さらに三層の電極ユニット 3 3 ~ 3 5 は、それぞれが作る平面が平行になるように配置されている。電極ユニット 3 3 ~ 3 5 の各々の両側には矩形基板 3 1 が、各電極ユニットが作る平面に対してその成膜面が平行になるように配置されている。矩形基板 3 1 はガラス基板である。さらに図 5 に示されるように、成膜チャンバ 1 1 内において、最外側の矩形基板の外側にはヒータ 3 6 が配置されている。ヒータ 3 6 は、矩形基板 3 1 を所定温度に保持する。成膜チャンバ 1 1 はアースされている。

#### 【 0 0 3 2 】

上記において、電極ユニット 3 3 ~ 3 5 における電極 3 2 A ~ 3 2 C の各々には、単一の高周波電源から接続部 1 5 を経由して高周波が供給される。各電極に供給される高周波の周波数は、上記実施形態で説明した通り、電極の周囲に生成される放電条件を考慮して決定される。電極ユニット 3 3 ~ 3 5 の電極 3 2 A ~

3 2 C の各々には、前述のごとく、位相が揃った定在波が生じる。電極ユニット 3 3 ~ 3 5 の電極 3 2 A ~ 3 2 C の各々の両側には、成膜チャンバ 1 1 内が所要の真空状態に保持され、材料ガス等が導入されるという条件の下で、均一なプラズマが生成される。6 枚の矩形基板 3 1 の各成膜面には、高周波（例えば R F）を利用するプラズマ C V D の作用に基づいて成膜が行われる。また本実施形態の構成では、電極が誘導結合型であるので、矩形基板 3 1 をアース電位に保持するための裏板が不要となる。このことは図 3 で示した構成の実施形態の場合も同様である。図 4 と図 5 では、基板 3 1 のみが示されているが、実際には基板 3 1 は支持フレームで保持されている。

#### 【 0 0 3 3 】

U 字型電極では電力供給端部とアース端部が同一面内に位置する形状を有し、複数の U 字型電極を並べる場合にも同一平面内に配置することができるので、図 5 に示されるごとく所定間隔をあけた層構造を利用することにより、多領域成膜装置を容易に実現することができる。このように多領域の成膜を可能にすることによって、多数枚の基板を同時に成膜することができ、成膜のスループットを向上することができる。さらに層構造を利用すれば、矩形基板の成膜面の表面積に対する成膜チャンバ内の体積の比が大きくなるので、熱の逃げを抑制でき、消費電力を抑制することができる。

#### 【 0 0 3 4 】

さらに上記実施形態によれば、また成膜対象である基板の裏板を省略できるので、従来では必要とされた、昇温に費やされる電力のコスト、冷却に要するコスト、裏板の取扱いに要するランニングコスト、搬送機構への負荷による装置コストなどを、低減することができる。また裏板が設けられた従来の場合には、裏板・基板間の密着度合いの不均一や再現性に起因して膜厚の不均一や膜特性の不良という問題があったが、これらを解消することができる。

#### 【 0 0 3 5 】

##### 【 発明の効果 】

以上の説明で明らかなように本発明によれば、内部電極式の誘導結合型電極を備えたプラズマ処理装置において、電極を、線状導体を好ましくは U 字型に折り



返して形成し、電極の折返し部に半波長の定在波が立つように電極の端部に高周波を供給して前記電極の周囲にプラズマ放電を生成し、このとき高周波の周波数を放電条件を考慮して決定するようにしたため、電極の折返し部で正確に半波長の定在波を立たせることができる。また、各折返しの直線部分で位相が一致した定在波が立ち、当該定在波を積極的に活用して均一な密度のプラズマを生成することができる。これにより面積の基板に対してプラズマCVDにより良好な成膜を行うことができる。さらに大面積の矩形基板への成膜に適し、加えて、60MHz以上の高周波を利用するために、波としての伝播を利用でき、良好な膜特性の大面積薄膜を得ることができる。また電極を複数組み合わせることにより、大きな成膜領域を可能にする電極ユニットを作ることができ、大型の矩形基板の成膜にも対応することができる。さらに多層の層構造で電極ユニットを構成することにより、複数枚の電極を同時に成膜するように構成したため、成膜のスループットを向上することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明に係るプラズマCVD装置の基本の実施形態の内部構造を示し、電極の正面図である。

##### 【図2】

上記の基本実施形態の内部側面図である。

##### 【図3】

本発明の他の実施形態の内部構造を示し、電極の正面図である。

##### 【図4】

本発明の他の実施形態の内部構造を示し、電極の正面図である。

##### 【図5】

上記の他の実施形態の内部側面図である。

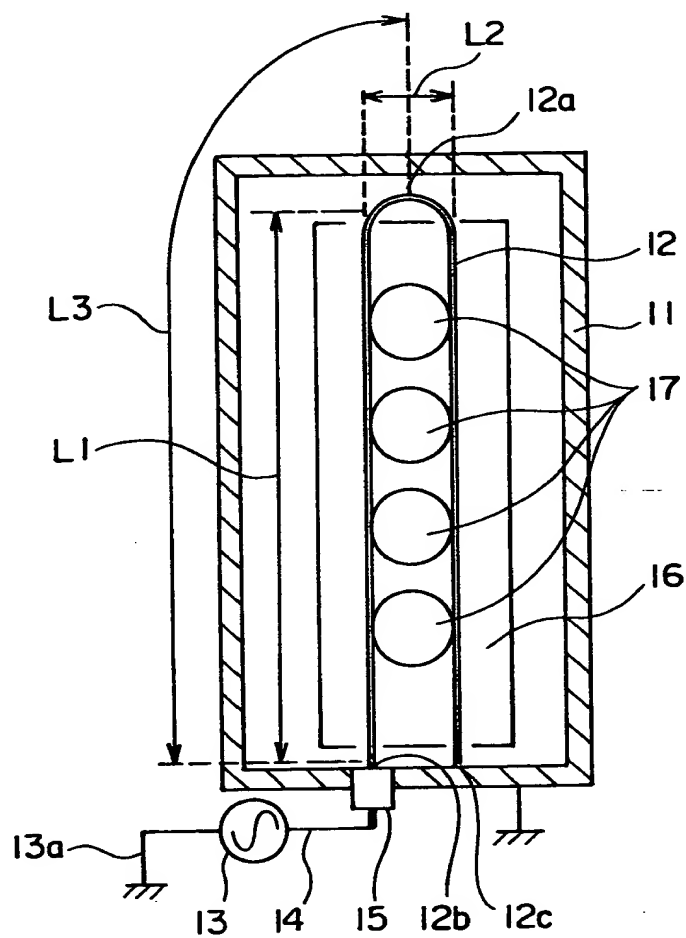
#### 【符号の説明】

1 1	成膜チャンバ
1 2	電極
1 3	高周波電源

1 4	給電線
1 5	接続部
1 6	裏板
1 7	基板
2 1	矩形基板
2 2 A ~ 2 2 E	電極
3 1	矩形基板
3 2 A ~ 3 2 C	電極
3 3 ~ 3 5	電極ユニット
3 6	ヒータ

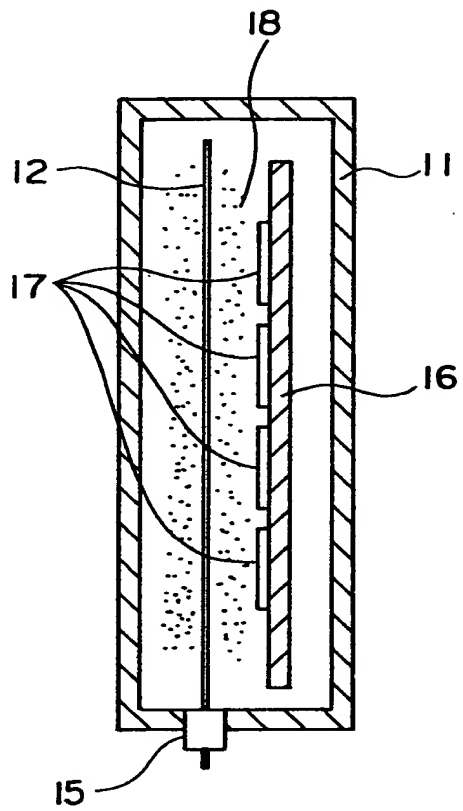
【書類名】 図面

【図 1】

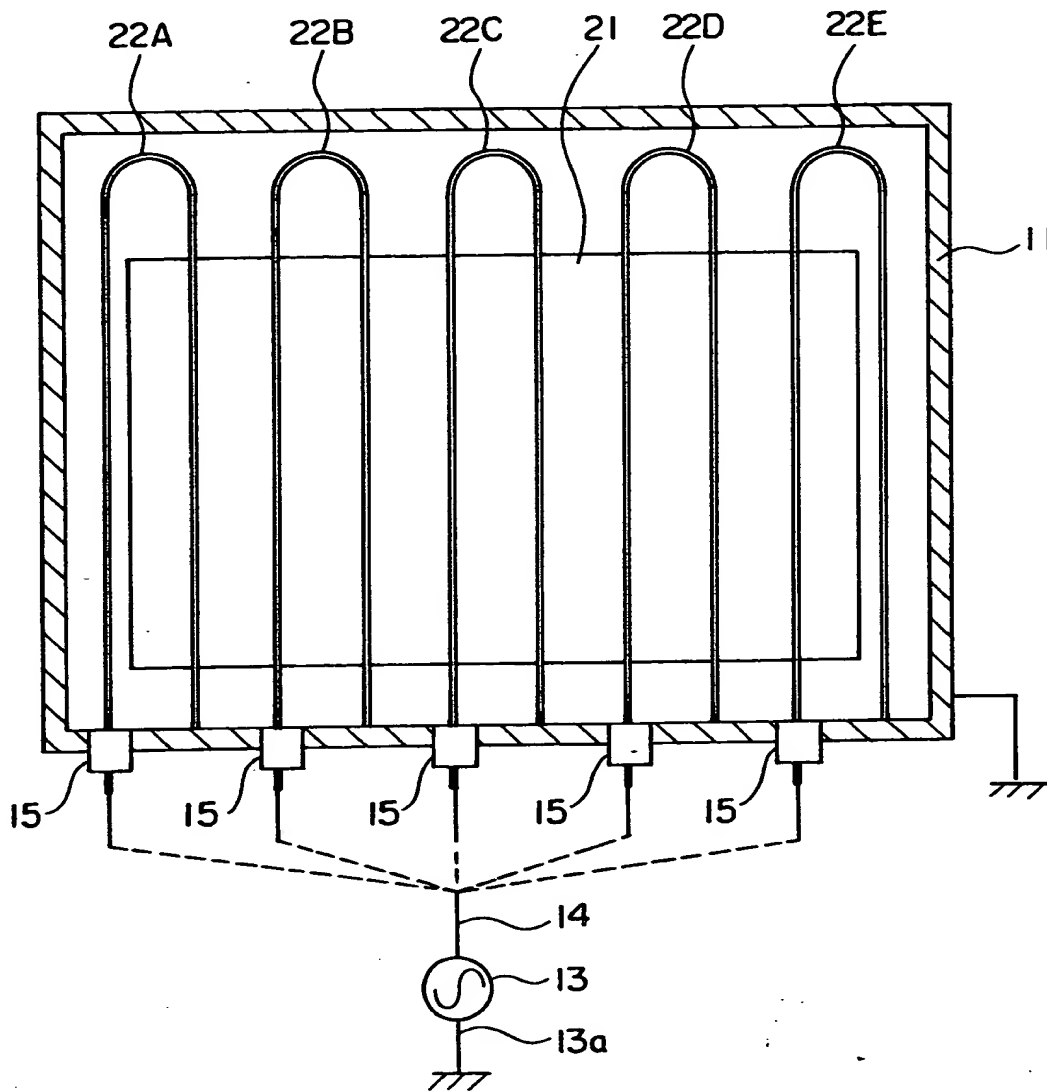


- 11: 成膜チャンバ  
12: 電極  
13: 高周波電源  
15: 接続部  
16: 裏板  
17: 基板

【図2】

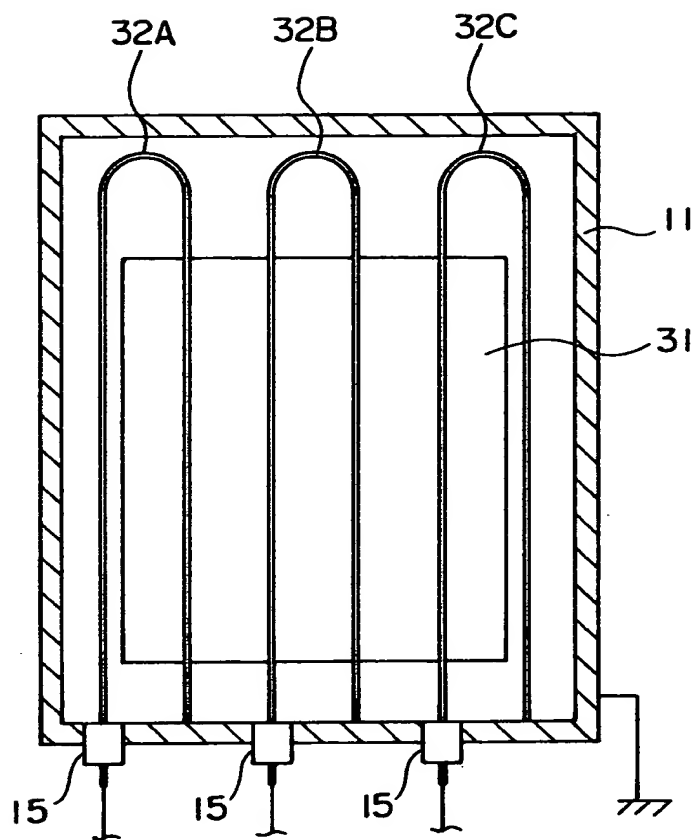


【図 3】



21 : 矩形基板  
22A ~ 22E : 電極

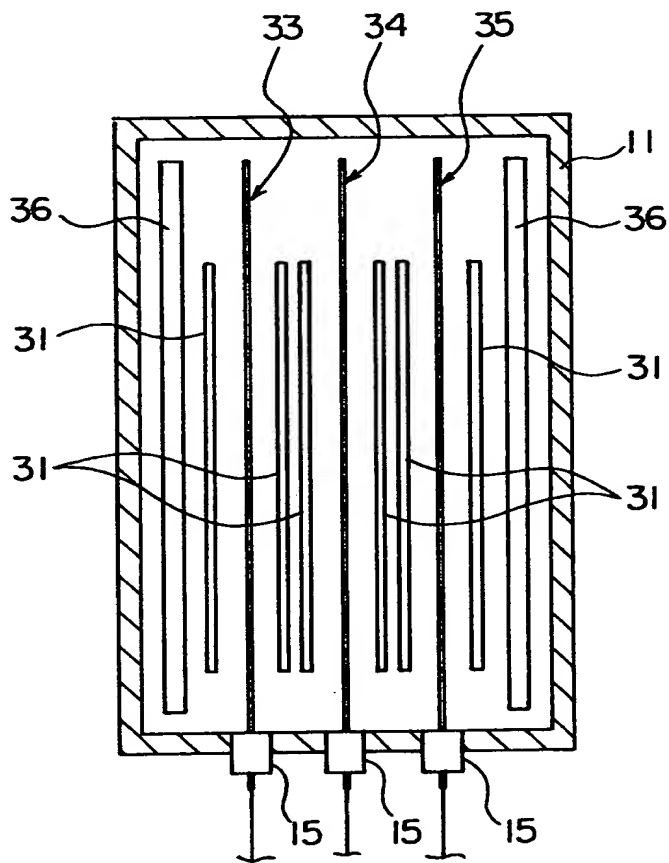
【図4】



31 : 矩形基板

32A~32C : 電極

【図5】



33～35：電極ユニット  
36：ヒータ

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 定在波を制御可能な状態で積極的に活用し、プラズマの分布を良好に制御し、電極周囲の放電条件を考慮して電極構成を実現し、太陽電池等の大面積基板の成膜に適した内部電極方式のプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】 内部電極方式のプラズマ処理装置であって、電極 1 2 は線状導体をその中央部で折り返して形成される形態を有し、当該電極の折り返して形成された部分（電極全体の長さの半分の部分）に半波長の定在波が立つように電極の端部に高周波を供給して電極の周囲に放電を作りプラズマを生成する。この場合に高周波の周波数  $f$  が、光速を  $c$ 、折り返して形成された部分の長さを  $L_1$ 、電極の周囲に生成されたプラズマによる比誘電率を  $\epsilon_p$  とするときに  $f = c \times \epsilon_p^{-1/2} \times (2 L_1)^{-1}$  の式で決められるようにした。

【選択図】 図 1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000227294]

1. 変更年月日

1995年11月24日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都府中市四谷5丁目8番1号

氏 名

アネルバ株式会社

